
Ayuntamiento de Cádiz


UMASS
BOSTON

MEMORIA

SOBRE

EL AIRE COMPRIMIDO,

POR

D. Santos. M.ª Pego.

A mi antiguo amigo el
literato D. José Rometty
en prueba de afecto

Santos Mª Pego

MEMORIA

SOBRE LA APLICACION DEL AIRE COMPRIMIDO Á LA

mecánica, hidrostática é hidrodinámica,

PRESENTADA Á LA SOCIEDAD DE

AMIGOS DEL PAIS DE CÓRDOBA,

POR

Don Santos María Pego y Diaz,

DIRECTOR GERENTE DE LA EMPRESA DE RIEGOS

LA PRODUCTORA.



CÓRDOBA.=1869.

Imprenta de EL ECO,

Maese Luis, 15.

SUMARIO

de las materias contenidas en esta Memoria.

1.ª *Importancia de los adelantos modernos en general.*
2.ª *Teoría geológica de los pozos artesianos, y constitucion ígnea de nuestro planeta.*
3.ª *Formacion de los pozos artesianos mas notables.*
4.ª *Perforacion de los Alpes.*
5.ª *Atmósfera y propiedades del aire libre y comprimido.*
6.ª *Aire comprimido, y trabajo mecánico del mismo.*
7.ª *Bombas aéreo-hidráulicas.*
8.ª *Sifon auto-regulador.*
9.ª **Nec-plus-ultra,** *aparato elevatorio aéreo-hidráulico, para elevar grandes masas de agua, fundado en la* **dilatacion** *del aire, y* **vacío** *que resulta por desaparicion química del mismo.*

Muchos son los adelantos que en todos los ramos del saber ha conquistado la ciencia en el siglo XIX, y muchos todavía están latentes para desarrollarse antes que el siglo concluya. Las edades del *tiempo* forman épocas clásicas para la historia. Unas veces se las llama de la *ignorancia*, otras de la *civilizacion*, segun el mas ó menos apogeo en que han estado para la inteligencia humana.

Al siglo presente se le llama el de las *luces*, y efectivamente nuestra raza no ha alcanzado, en ningun otro, los adelantos científicos que en el presente.

A juzgar por esto, podría decirse que el mundo civilizado empieza ahora, y sin embargo, hay tambien motivos para creer que las ciencias y las artes tuvieron épocas florecientes, que fueron sustituidas por una torpe ignorancia, efecto de las guerras de invasion, ambiciones desmedidas, y otras pasiones mundanas que llevan consigo el desquiciamiento social.

La *electricidad*, cuya existencia data seguramente desde la formacion de nuestro Planeta, estuvo ignorada por muchos siglos sin vestigio alguno que nos dé á conocer el aprovechamiento que de ella hicieran los pueblos antiguos.

El vapor tambien existia, y la primera aplicacion que de él se hizo fué el sencillo aparato conocido con el nombre de *eolipila*, inventado por Herron, matemático de Alejandría que floreció 120 años antes de la era vulgar. Pasaron 1600 años sin que se haya vuelto á hablar de la fuerza elástica del vapor hasta que en el siglo XVI Blasco de Garay dirigió una nota al emperador y rey Cárlos V manifestándole que habia inventado una máquina que movida por el vapor del agua que obtenía en una caldera y aplicaba por dos ruedas, una á cada costado del buque, podia hacer marchar los navios, sin viento ni velamen alguno. En 17 de Junio de 1543 se aplicó, por órden del rey á un barco de 200 toneladas, teniendo lugar la prueba en el puerto de Barcelona, llegando á navegar el barco con buen éxito y haciendo una legua de camino por cada hora.

El rey ascendió al inventor al grado inmediato de capitan de mar que era: le regaló 200,000 maravedises y mandó pagar por la Tesorería los gastos hechos en la prueba. Así consta de los datos que aparecen en el archivo de Simancas.

En 1615 Salomon Cans, ingeniero francés, se sirvió del vapor para una máquina hidráulica. En 1629, un romano llamado Branca publicó en su pátria la descripcion de otra máquina movida por el vapor.

En 1663 el marqués de Worcester empleó el vapor para elevar las aguas. En 1690, Dionisio Papin dió á conocer con el nombre de máquina *atmosférica,*

una que aplicó á la navegacion, cuya fuerza motriz era el vapor: por eso en Francia fué conocido como inventor de los buques de esta clase.

Santiago Watt, célebre mecánico escosés, perfeccionó é hizo construir una máquina de doble efecto.

Roberto Fulton, á principios de este siglo fué el primero que construyó en Nueva-York un barco de vapor que hiciera un servicio regular saliendo, en su primer viaje, del puerto de Nueva-York al de Albany.

Los ingleses en 1812 inauguraron su primer barco de vapor llamado *El Cometa*, y desde entonces fué generalizándose el empleo del vapor en la escala estensiva en que hoy se vé.

Respecto al telégrafo eléctrico parece que la noticia mas antigua es del año 1794, dada por un aleman llamado Reisser, el cual decia que habia concebido la idea de un telégrafo eléctrico.

En España el primero que hizo un telégrafo de esta especie fué el doctor Salvá; pero en 1811 Mr. Ampére dió á conocer mas detalladamente este invento, sucediendo, como en todo, que demostrado un principio, los hombres de ciencia, se ocupan de él hasta que le llevan á la perfeccion; siendo muy lamentable que la electricidad, cuyo papel es tan importante, especialmente en la vida orgánica, no se conozca mas que por los *efectos*, ignorándose la *causa* que los produce, y que una hipótesis creada por Mr. Symmer, no haya podido sustituirse por Mr. La Rive ni otros: hipótesis tan oscura que solo dice «que todos »los cuerpos en la naturaleza están dotados de un

»fluido néutro, cuyo depósito comun es la tierra, y »que este fluido se puede descomponer en dos, *posi»tivo* y *negativo, vitrio* y *resinoso*, el cual estando ais»lado, tiende á reunirse para restablecer su equili»brio, dando lugar en esta lucha de tendencia, á to»dos los *fenómenos* que se esperimentan.» La hipótesis es sumamente sencilla para la teoría de las oscilaciones en los fluidos *incoercibles*, pero muy pobre de ciencia; así, pues, mientras no pueda apreciarse mejor ese importante fluido, no podrá recogerse el fruto que está llamado á producir ese ramo del saber. Es, pues, de esperar que antes de concluir el siglo actual alcancemos nuevas glorias en las conquistas de la ciencia, y ésta nos separe de las luchas políticas, siempre devastadoras y causa de retroceso.

El hombre, como ser mas privilegiado, casi todo lo que se propone lo consigue. Hé aquí, señores, un pensamiento colosal que un solo hombre concibió cuando se propuso la canalizacion del Istmo de Suez: tan grande era el pensamiento que al iniciarlo se tuvo por una *utopia;* hoy esa *utopia* es una realidad. La union de esos dos mares está hecha... ¿Y por qué está hecha? porque la cadena de los adelantos modernos unió sus eslabones al Istmo. Sin las máquinas de vapor que tanto servicio prestaron en aquellas obras; sin ferro-carril que auxiliara un mundo de trabajadores en el desierto, esa obra, terminada hoy, sería irrealizable. Si admiramos tanto esas obras, arrogancia del génio, no menos debe sorprendernos la perforacion del Monte Cénis en los *Alpes*, siquiera sea por-

que para poder hacerla hubo necesidad, no de servirse de los descubrimientos hechos como en el Istmo, sino de *crear una nueva fuerza, un nuevo invento* que ventajosamente reemplazara al *rey de las fuerzas mecánicas «Al Vapor:»* Este no podia trasmitir su fuerza á 13,000 métros que tiene de largo el túnell, entrando debajo de tierra á 1,600 metros de profundidad, donde el calor central, el de la locomotora, el humo y los gases causarían la *asfixia;* pero tres inteligencias unidas MM. Grandis, Grattoni y Sommeiller han resuelto el problema.

Si en estas obras se admira la intrepidez é inteligencia del hombre, no menos se debe admirar al ver que arranca del seno de la tierra raudales de agua para fertilizar los campos y apagar nuestra sed: me refiero á los pozos *artesianos*; pero no á los del Norte América, ni á los de la Argelia francesa, sí al de Grenelle, Passy y La-Chapélle, este en construccion todavía. Estos dos grandes taladros son debidos á los muchos útiles inventados por Mr. Kind y Mr. Dégousée sin los cuales no pudieran tener lugar tales perforaciones.

Voy á reseñar ligeramente sus obras y sus resultados para ocuparme luego de la perforacion gigantesca de los *Alpes* y del empleo del aire *comprimido* como fuerza motriz, objeto principal de esta Memoria.

POZOS ARTESIANOS.

Teoría geológica de los mismos.

Hace mas de dos mil años que estos pozos eran conocidos por los chinos, los cuales perforaban con el auxilio de un *trépano* de útiles lanzado con una cuerda de pita y un *torno* de rotacion que facilitaba estas operaciones. Consiguiendo la verticalidad del agujero han hecho taladros de mas de mil metros.

Dos teorías distintas se nos presentan para los pozos artesianos ó *fuentes ascendentes*: la primera consiste en tropezar con una vena de agua subterránea que proceda, su alimentacion, de montañas, cuyo nivel sea superior al lugar donde se practique el taladro. Estas aguas serán *ascendentes* por un efecto natural de las leyes de hidrostática, conocidas físicamente bajo el nompre de *vasos comunicantes*. En esta, pues, no hay nada nuevo ni para qué detenerse. El estudio es esclusivamente geológico sobre la formacion de las capas y órden de supersposicion de las mismas que constituyen el terreno, estudio difícil en España por los pocos antecedentes que se tienen recogidos para esta clase de trabajos, y las condiciones especiales de la formacion primitiva de nuestro suelo, en su mayor parte *Plutoniano*.

Como todas las formaciones *igneas* ha sufrido levantamientos y trastornos difíciles de señalar cuando no se tiene á la vista un perfil de la [illegible]tura de sus

capas, ni los accidentes naturales son bastante marcados para deducir por ellos el órden en que reposan aquellas, á fin de indicar, con algun fundamento, la existencia, inclinacion y *yacimiento* de la *capa impermeable* sobre la cual resbalan las corrientes subterráneas.

En los terrenos *Neptunianos*, ó de formacion secundaria y *sedimentaria*, el estudio es mas seguro, porque, teniendo en cuenta, entre otras cosas, la diferente ponderabilidad de los cuerpos y su afinidad molecular, puede determinarse con bastante exactitud el estado actual ordenado de dichas capas.

La segunda teoría es al contrario de la primera, *segura, infalible*. Es imposible no hallar las *aguas ascendentes si perforamos hasta la profundidad necesaria para que aquellas suban*, sea cual fuere el terreno y lugar donde se practiquen los trabajos. Para sostener esta opinion voy á esponer los fundamentos que la motivan

Nuestro globo, tiene aproximadamente 16.000 kilómetros de diámetro. Su costra, sólida, segun Mr. Delabéche, 181 kilómetros: el resto es masa *ignea*, ó en estado *incandescente*, efecto de un equilibrio de temperatura gradual donde se ha *limitado* la influencia ó estension del frio comunicado de las regiones *etéreas*. Entre la lucha del frio, á quien sirve de conductor nuestra atmósfera, y el *calor central*, trasmitido molecularmente, se estableció una *zona* que es la que constituye la envoltura de la tierra, endurecida en una progresion armónica, decrecente hácia

el centro del planeta, aumentando un grado el calor por cada 20 metros que nos alejamos de la superficie para acercarnos al *núcleo candente*. Podriamos compararle á una bola de plomo derretido que sufriendo, por ejemplo, 30 grados de frialdad, no bastaron para hacerle pasar, por completo del estado *líquido* al estado *sólido*; pero fueron suficientes para afectar su superficie y endurecer una pequeña parte, formando una envoltura ó costra sólida. Mantenida dicha bola en una estufa donde un termómetro señalase *constantemente* los mismos 30 grados, mientras permaneciese sin alteracion aquella temperatura, es evidente que el *centro fluido ó núcleo candente* de la bola de plomo, no cambiaría de estado. Ahora bien: consideremos que la atmósfera constante de la estufa es á la atmósfera constante de la tierra, lo que (relativamente) la bola de plomo en su estado *sólido é ígneo*, al globo terráquico en su actual estado. Consideremos tambien que nuestra atmósfera es un verdadero *alambique del planeta tierra*. Las funciones de este alambique son las que nos dan la *idea* de lo *imperecedero de la materia*, de la *creacion* repetida por sí misma, de la trasustanciacion de unas por otras, de la fuerza de creacion *espansiva* y de las funciones orgánicas de todo ser vital, y consiguientemente la existencia perdurable de una misma cantidad de agua y de materia, mientras las condiciones *caloríficas* no cambien en nuestro planeta.

Químicamente sabemos que el agua puede tomar tres formas: sólida, líquida y gaseosa; esta es la que

nos interesa para nuestra demostracion. Cambia del estado líquido al gaseoso á los 100 grados de calor; luego no seria posible (teniendo en cuenta el *calor central*) llegar á 4.000 métros por debajo del nivel del mar, sin que el agujero se convirtiera en un *volcan*, cuando menos *gaseoso*. Antes de llegar á constituir este *volcan* habriamos encontrado el *agua ascendente*, mantenida en equilibrio de lucha tenaz provocada por la *pesantez* al centro, y la fuerza *espansiva* de los gases hácia la superficie, y no menos en equilibrio de una parte de ella, que *descendiendo*, seria lanzada, convertida en *vapor*, el que, atravesando con violencia las masas acuosas, vendria á estinguir su potente empuje en los recónditos intersticios de la tierra; pasando en cada uno, y á cada instante, del estado gaseoso al estado líquido; esto es: tornando á *ser* lo que antes *era*, como sucéde en el serpentin de un alambique: ó bien se produciria otro fenómeno, y es, que si el agua convertida en vapor instantáneamente por un desmoronamiento del asiento de la base de un depósito subterráneo, y aumentando aquella 770 veces de volúmen, al convertirse en vapor, su fuerza espansiva pudiese vencer los obstáculos de su paso y llegase á la superficie del globo á manera de un volcan que habiendo practicado una *sima*, podrian mas tarde elaborarse en ella las materias volcánicas, *constantes* ó *intermitentes*: como tambien, reduciendo el efecto, podria esta esplosion ocasionar solamente una *trepidacion* local.

Yo no puedo admitir otro principio, físicamente

hablando, para la formacion de nuestro Planeta, que el plutoniano, esplicándomelo así: «que era uno de tantos planetas ígneos. Que la materia tomó forma al dotarse de movimiento: este redujo la atmósfera ígnea y creó otra del aire ambiente del espacio, y lo que era *etéreo*, se saturó, digámoslo así, de oxígeno, azoe y carbono, formando vapores acuosos que acumulados en esceso produjeron grandes lluvias, y consiguientemente la solidificacion de la costra terrestre como dejo indicada; seguida de la germinacion por la putrefaccion de materias y reacciones químicas. Que una vez en *armonia* con sus *rotaciones*, con el calor y su antítesis, podrá continuar del mismo modo, toda la eternidad, pues que *nada se pierde*, y solo cambia de forma; *mientras un incidente estraño* no altere esa armonia: Estando seguro de que si la tierra con su atmósfera fuera posible pesarla al constituirse, y volverla á pesar dentro de un millon de siglos, no habria un *átomo* de diferencia.

Tan inmenso es el poder del *Creador* del Orbe y tan inmensa su sabiduria, que nada *destruye*, si bien multiplica y varia las formas hasta lo infinito.

Demostrada ya la posibilidad de tener aguas ascendentes en cualquier parte, por la creacion de estas fuentes, pasaré á ocuparme de ellas, siquiera sea dando á conocer las de actualidad en la capital del vecino imperio, tanto porque son dignas de mencion por lo atrevido de sus obras, cuanto por la gran utilidad que, de imitar á nuestros vecinos, reportaria la agricultura española.

POZO ARTESIANO DE GRÉNÉLLE

construido por el ingeniero Mr. Mulot, empezado en 1833 y concluido en 1841.

Este fué el primer pozo artesiano que se acometió con un *trépano* que llegó á pesar un millon de kilógramos, en una profundidad máxima de 547 métros. El diámetro del tubo interior es de 0 métros 24 y se eleva sobre el terreno á 36 metros 38. Capaz de contener 24.000 litros. El agua sale con una temperatura uniforme de 28 grados. Sù costo total fué de 309.000 francos, lo cual dá aproximadamente 2.260 rs. por metro lineal.

Como los trabajos fueron hechos en un terreno sedimentario que corre desde Bayona á Paris, pocas fueron las variedades: *terreno de trasporte, arcillas plásticas, crétas con núcleos, de silexpiroxómaco, y arenas verdes.* Este pozo, á la superficie del suelo produce 2,500 litros por 1.' y á los 36 metros sobre aquel solo dá 1200 litros. La fuerza de ascension del agua representa en su base 234 caballos, por eso no le fué posible á Mr. Mulot continuar mas la perforacion ni restablecer la *busa.* Siguió dando esta fuente 576 reales fontaneros hasta que vió la luz el agua en el pozo de Passy, época en que perdió 76 reales fontaneros del caudal que estaba dando desde su terminacion. El agua es escelente para todos los usos dejándola enfriar en nuestra atmósfera libre.

POZO ARTESIANO DEPASSY,

dirigido por el entendido ingeniero Mr. Kind, y concluido por Mr. Michl.

Este pozo se empezó en 1856. En un año había perforado dicho señor Kind 435 métros: tales fueron los adelantos que hizo en la aplicacion de los útiles del trépano. El pozo llevaba un diámetro de 1 métro 10 centímetros, el cual se redujo por un incidente ocurrido con la rotura de un cilindro de entibacion ó revestimiento, que, no pudiendo resistir á la presion del terreno, entorpeció con su rotura los trabajos por largo tiempo.

Mr. Kind fué el primero que hizo uso del trépano libre, pues solo así pudiera practicarse un agujero de tales dimensiones.

Llegó por fin el pozo á los 600 métros de profundidad, existencia de la capa *aquífera*, y el líquido brotó de repente en inmenso raudal hasta la superficie. Con él se riega el bosque de Bolonia. Nada mas pintoresco que ver surgir aquel manantial á oleadas intermitentes sobre el risco central de un gran estanque, y contemplar cómo se despeña por la cascada artificial que se ha formado para hacerlas rodar en tumulto hasta el receptáculo de que se ha hecho mérito. Movimiento regular que nos prueba con evidencia que el agua es lanzada por la fuerza espansiva del centro á la circunferencia terrestre, como sostiene razonadamente Mr. de Azais.

POZO ARTESIANO DE LA CHAPÉLLE,

dirigido por el famoso ingeniero y geólogo Mr. Dégousée, y Mr. Gault.

No lejos de Passy se halla dicho pozo de la Chapélle. Le visité el dia 3 de Junio último y estaba trabajando la sonda á 520 métros de profundidad. Entre los útiles inventados por Mr. Dégousée se halla uno que corta unos cilindros de 2 métros de largo y 0,80 de diámetro *sacándolos enteros fuera del agujero* para reconocer la inclinacion en las capas y la formacioñ vírgen del terreno, porque el *detritus* de una sonda rotativa ó de percusion, no puede darnos á conocer mas que la *materia* en el anális químico; pero este fragmento de 2 métros que deja ver el tendido de las capaz subterráneas es un adelanto que debe enriquecer la ciencia geológica. El diámetro del pozo era de dos métros; pero tambien aquí como en Grenélle, tuvo lugar la rotura de otró tubo de hierro dulce que tenia 20 milímetros de espesor, y que cedió á la presion considerable del terreno fracturado: hubo, pues, que estrechar el agujero quedando reducido á 1 métro 60'. El agua que tiene asciende hasta 14 métros por debajo de la superficie del terreno; pero me dijo Mr. Dégousée que al llegar á los 600 métros esperaba el mismo resultado favorable que se obtuvo en Grenélle y Passy.

Lo mas admirable no es llegar á aquella pro-

fundidad, es que Mr. Dégousée está comprometido con el Municipio de Paris á profundizar el pozo á 900 métros. ¿Cómo podrá hacer trabajar al trépano, cuando la fuerza ascendente del agua equivalga á 234 caballos?... por otra parte, á 900 métros el agua habrá adquirido 45 grados de calor del fuego central. La densidad por consiguiente es menor, y el agua podrá aumentar considerablemente por este solo hecho, ó tal vez alcanzar una *fisura* del terreno que produzca un volcan.

La idea del Municipio es muy laudable. No tiene otro objeto que enriquecer la descripcion geológica de sus terrenos. Yo saludo sinceramente pensamientos tan levantados y les deseo el mejor éxito.

Estas obras son hechas con el auxilio de una máquina de vapor de fuerza de 10 caballos, y el trabajo diario es de 0,80 métros en la créta calcárea y 0,60 en el silex piroxómaco.

Me he concretado á estos tres pozos artesianos porque son las tres grandes obras de su clase que se han construido, pues aunque son muchos los pozos hechos en varias localidades, ninguno de ese diámetro y profundidad si bien con buen éxito en general, y cuando no se ha obtenido, es por falta de profundidades en la perforacion, ó perder la verticalidad, cosa esencialmente indispensable para esta clase de trabajos.

Al dar fin en esta Memoria á la teoría de los pozos artesianos, no puedo menos de llamar la atencion de los ilustrados individuos de esa sociedad há-

cia otro resultado importantísimo que debe obtenerse por consecuencia del gran ensayo de la perforacion del pozo de la *Chapélle*.

Si sus constructores MM. Dégousée y Laurent pueden taladrar la tierra hasta los 900 métros de profundidad, que han ofrecido á la Municipalidad de Paris, venciendo la inmensa oposicion que hará, al *trépano* empleado, el agua ascendente, claro está que podrian penetrar á 1.300 métros, y á 2.000 si fuese necesario, llegando á un punto donde toda el agua se convertiría en vapor. Entonces, en vez de obtener un raudal destinado á fertilizar los alrededores de la gran capital, como el de Passy habrian construido una gran *válvula de seguridad* contra los efectos de los *terremotos* que pudieran conmover los fundamentos en que se asienta.

Efectivamente: si una gloria imperecedera rodea el nombre de *Franklin*, inventor del para-rayos, ¿cuánta no será la que obtenga el que acierte á librar nuestras poblaciones de ese azote asolador que de tiempo en tiempo, en todos los paises, y bajo todas las zonas, viene á destruir las poblaciones, á estirilizar los campos y á levantar los mares sobre las playas y las costas que los limitan?

No haremos la historia de los terremotos que ha sufrido el planeta que habitamos, porque, ni es nuestro propósito enumerarlos ni tampoco hacer gala de una erudicion que no viene al caso; ciudades florecientes, ejércitos en marcha, fértiles campiñas y magníficos bosques han sufrido sus estragos. Las islas

brotan del seno de los mares á su impulso, y á su impulso tambien desaparecen. Se rompen los istmos que enlazan los continentes como gigantescos diques, se disecan los lagos, se inundan las tierras bajas, se alzan de súbito los montes, ó se aplanan con fragor destruyendo pueblos enteros, que no parece sino que el mundo va á volver al *caos* de donde el criador del Universo le sacó. El estrecho de Hércules, la inmersion de la Atlántida, la segregacion de las Canarias del continente Africano, Antioquía, Lisboa, Torrevieja, Mendoza, Manila y tantos otros pueblos demuestran con signos indelebles el espantoso poder de semejante calamidad.

La causa de los *terremotos* reside en el gran *laboratorio químico central* del planeta. Veamos, pues, cómo se opera el fenómeno.

Las filtraciones de los mares por las *fisuras* de su lecho y las que tienen lugar con las aguas subterráneas, á causa de su pesantez y movilidad, hacen que atravesando, unas y otras, las capas superpuestas, lleguen á un punto de profundidad tal, que sean de nuevo rechazadas á la superficie convertidas en vapor, y aumentadas por consiguiente 770 veces en su volúmen, que no teniendo cabida bastante pugna por remontarse á la superficie.

Cuando el poder de la fuerza espansiva de este vapor, de los gases desprendidos de los minerales y la elasticidad del aire comprimido y encerrado en aquellos ántros, no basta á romper la costra sólida de la bóveda que los encierra, se esperimentan las hor-

rribles convulsiones que llamamos terremotos, que suelen anunciarse con silbidos y truenos subterráneos si se produce la inflamacion, y con sacudidas violentas que todo lo trastornan. Cuando las fuerzas indicadas son mayores que las resistencias, aparecen *cráteres* volcánicos que en erupcion constante, ó intermitente, espelen aquellas materias que los senos de la tierra no pueden contener.

Si el *volcan* es constante, consiste en que los muros de revestimiento de la *sima* ó *pozo* hecho por la Naturaleza, son demasiado sólidos y mantienen libre comunicacion con el *laboratorio químico* de que hemos hablado: entonces las lavas, ya sean de arcillas, piedras, cenizas ú otras materias, son lanzadas á grandes distancias, produciendo á veces, arroyos incandescentes que abrasan los terrenos por donde corren. Si es intermitente se debe á hundimientos parciales que por un tiempo cualquiera obstruyen la salida, hasta que otro nuevo y titánico esfuerzo la pueda franquear. Si despues de haber estado en actividad permaneciese apagado, es que los hundimientos han sido de tal magnitud que la fuerza espansiva no pudo vencerlos y ha buscado alojamiento á su dilacion en las cavernosidades de la tierra, ó bien ha fracturado otra salida nueva, repitiéndose idénticos fenómenos.

Ahora bien: si en cada comarca populosa que se quiere librar de los efectos destructores de un terremoto, se perforan pozos por el sistema de Degousée, revestidos de hierro inoxidable que den salida á los gases, ¿no se habrán construido otros tantos volcanes

artificiales, verdaderas válvulas de seguridad para la caldera central de nuestro globo? Estos volcanes *gaseosos* serian inofensivos á la localidad, no dejarían acumular esas terribles fuerzas elásticas, y por consiguiente anularían sus efectos. Tal es el pensamiento para la instalacion de los *para-temblores-de tierra.*

En la hipótesis de que la electricidad contribuyese á la formacion de los terremotos, como algunos pretenden, fundándose en que la tierra es *depósito comun* de electricidad y que por la rotacion diurna del planeta, la masa fluida ígnea sostiene un frotamiento constante contra las paredes de su bóveda etc., no sería difícil prevenir el desastre como vamos á demostrar; pero era mas fácil, y con razones mas sólidas destruir tales teorías.

Si en cada pozo practicado se estableciera un hilo ó barra metálica con dos puntas, una hácia dentro en el pozo y otra en la atmósfera á presencia de un solicitante que desparramase á voluntad su accion para hacerla inofensiva fraccionándola cuanto fuera necesario, estaria resuelta la cuestion y evitado el peligro.

Véase, pues, la importancia incontestable que puede tener tamaña empresa, debida á los adelantos de este siglo, y á la proteccion que un Municipio celoso presta al estudio de la ciencia.

EL TÚNELL DE LOS ALPES.

Otro adelanto de suma importancia tiene lugar

en la actualidad: me refiero á la perforacion de los Alpes; trabajo que no pudo acometerse sin crear un nuevo invento, una nueva fuerza aplicada en sustitucion del vapor: este es el objeto de mi Memoria y el ideal de mi pensamiento; pero antes de tratar de mí, que tan poco valgo, diré lo que pensaron y pusieron por obra MM. *Grattoni, Grandis* y *Sommeiller.*

Hecho el estudio de la línea ó del túnell resultaba la necesidad de atravesar el Mont-Cenis á una profundidad media de 800 métros, y una máxima de 1.600 en un trayecto de 13.000 métros. Con estos datos la obra se hacia impracticable por los grandes costos é innumerables dificultades que presentaba. Una máquina de vapor en las entrañas de las cordillera, produciria la asfixia; por otra parte, á 1.600 métros de profundidad el calor central se haria insoportable, las lumbreras serian de ejecucion imposible y el calor debia elevarse á 80 grados próximamente, aun cuando yo creo que nunca llegaria á tan elevada temperatura por la considerable elevacion que tiene el monte sobre el nivel del mar. Pensaron, pues, dichos señores en aprovechar dos hilas de agua que discurrian una á la entrada de cada boca del túnell, y en el *aire comprimido* para la aplicacion del nuevo sistema de perforacion.

La prodigalidad de la Naturaleza todo lo pone al alcance del hombre: dos elementos gratuitos han venido á resolver el problema: el *aire* y el *agua.*

Hecho el estudio del sistema concebido, fué presentado á la Cámara de los Estados Sardos, bajo el

nombre de *Compresseur hidraulique* que debia atender simultáneamente á la *perforacion*, á la *ventilacion y limpia de los escombros de la galeria*. El gobierno sardo, queriendo asegurarse, antes de acometer la obra, nombró una comision de facultativos para que estudiasen el sistema, especialmente el de *ventilacion*, por ser el que ofrecia las mas serias sospechas de mal éxito. Esta comision compuesta de varios ingenieros nacionales y estranjeros, ejecutó trabajos importantes, que no detallo, aunque son curiosos, porque habré de citar los mas de ellos al hacer la reseña del aparato y aplicacion del sistema.

Reseña del aparato.

La base de este sistema es una nueva máquina destinada á *comprimir el aire*.

Este aparato es muy sencillo, consiste en un sifon invertido, que de una parte está en comunicacion con una toma de aguas, y de la otra con un receptáculo de aire. El agua desciende en el primer brazo del sifon y sube en el segundo para comprimir el aire que allí se encuentra. Este aire cuando ha llegado á un grado de presion elástica suficiente, abre una válvula que lo introduce en otro depósito. Entonces la válvula que dá salida al agua, se abre y cuando el agua del segundo brazo del sifon, se ha escapado, el movimiento vuelve á empezar. El juego de las dos válvulas de admision y salida del agua está arreglado por un pequeño aparato de una columna de dicho lí-

quido. El aire en el depósito está mantenido á una presion constante por otra columna de agua que comunica con un recipiente superior. La fuerza viva adquirida por el agua en el sifon, es utilizada para operar la condensacion del aire; así con una caida de 20 métros, se ha conseguido comprimir el aire á 6 atmósferas ó sea cerca de 62 métros de agua de presion. El aire comprimido es utilizado en la forma siguiente: Se hace la trasmision por un tubo de 10 centímetros, el aire llega á producir su efecto bajo la base de dos pistones alternativos, los cuales dan movimiento á los 18 útiles de perforacion etc.

Despues que ha prestado su trabajo se lanza en la atmósfera libre, donde produce una gran espansion, y un enfriamiento al rededor de la máquina, que hiela el agua, manteniendo la temperatura á 18 grados, término medio, en todo el trayecto, y facilitando la ventilacion necesaria para la libre respiracion.

Los trabajos empezados con el auxilio de este *ariete hidráulico* y del *aire comprimido*, pronto han dejado ver que, donde solo podian trabajar tres operarios mineros trabajaban á la vez 18 picos, los cuales haciendo tres métros diarios por cada lado, ó sean seis métros en total, la obra debia concluirse, próximamente en seis años, reputando el costo en un 18 por 100 del que hubiera tenido por los medios ordinarios (caso de poderlo hacer) y durando las obras seis años en vez de treinta y seis que de otra suerte se hubieran necesitado.

Las pocas pérdidas que se esperimentan en la

trasmision, deben tambien tomarse en cuenta. A 6,500 métros, ha observado la comision que solo habia una atmósfera de pérdida. Ningun medio conocido de trasmision podria aplicarse á distancia de 6.500 metros, pues no hay barras ni correas que, en una posicion horizontal, puedan trasmitir una fuerza activa á tal distancia sin consumir en las pasivas seis equivalentes de aquella.

Cuando este Túnell esté en esplotacion será muy difícil atravesarlo con locomotoras de vapor si se ha de evitar la axfisia producida por el calor y el humo. Es, pues, necesario que los aparatos allí existentes para la compresion del aire, queden ventilando el Túnell y hagan marchar el tren del uno al otro estremo, segun los medios propuestos para estos casos, por el entendido y entusiasta admirador de los efectos del aire comprimido Mr. Andraud.

Reseñados estos hechos, paso á ocuparme del estudio del aire, en todas sus manifestaciones, ya considerándolo como atmósfera libre, ya aprisionado.

El aire es un fluido muy elástico. Su peso es de 1,3 gramos en la superficie del suelo, ó sea 998 veces menor que el agua. Es compresible hasta inflamarse, lo cual nos prueba que siempre que hay presion de aquel hay tambien desarrollo de calor. El calórico que se desenvuelve origina pérdidas de fuerza elástica de dicho fluido. Se compone de 21 partes de exígeno, 79 de ázoe y 1 de 400 partes de carbono. El oxígeno pesa mas que el ázoe y es inflamable. El aire rodea todo el globo terráqueo hasta una altura

próxima de 60 á 70 kilómetros, pasado este límite se entra en la region etérea.

La presion atmosférica, despues de los esperimentos de Pascal, Torricelli y Gay-llusac, sabemos que es equivalente á 1 kilógramo 33 por cada centímetro cuadrado, y que su densidad decrece cuando las alturas crecen, ó lo que es lo mismo, en razon inversa á las alturas. Su presion se ejerce en todas direcciones y en todos sentidos.

El aire se toma por unidad para el peso específico de los gases, llamándole uno ó ciento á aquel, á fin de establecer comparacion de los otros fluidos con éste. *Densidad* y *peso específico* de un cuerpo son sinónimos, pues siempre están en armonía para un mismo resultado.

El aire pesa tanto mas cuanto mas denso es. Su enrarecimiento crece con las alturas. Las moléculas que constituyen el aire *seco*, se saturan de vapores *acuosos* formando glóbulos trasparentes y cuando hay esceso tienen lugar las lluvias.

El aire desempeña un papel tan poderoso sobre toda la vejetacion y la economía animal, pues él produce y crea, con la humedad y el calor, el gérmen de la vida y la sostiene; existe en todas partes, y donde no está ejerce todo su poder para penetrar, ocasionando una lucha sobre los cuerpos incoherentes, de tal manera, que si su potencia es mayor que la resistencia, los obliga á penetrar en el vacio. Su poder nunca es mayor, en su estado normal, que el de una atmósfera, y esta, sobre el nivel del mar, es á la pre-

sion de una columna de mercurio de 76 centímetros de altura, equivalente á poder elevar una columna de agua á 10 métros 333, siempre que el vacío sea perfecto.

Sobre esta teoría está fundada la elevacion de las aguas en el tubo de una bomba aspirante (por mas que la palabra *aspirante* sea inpropia) porque el agua nunca es aspirada, es enviada por la dicha presion atmosférica á llenar aquel vacío hasta formar equilibrio entre la presion atmosférica y el agua elevada, en cuyo caso, restablecido dicho equilibrio el fenómeno cesa inmediatamente. El oxígeno, como ya se ha dicho, es inflamable y al arder forma el vacío proporcional á su representacion en el compuesto del aire, esto es: 21 lítros de cada ciento. Sentados estos principios quedaba solamente uno importantísimo que es saber el trabajo mecánico que un métro cúbico de aire puede hacer á varias presiones atmosféricas, y la fuerza que se necesita gastar, para comprimirle de una á cincuenta atmósferas.

El cuadro siguiente lo demuestra:

Trabajo mecánico del aire comprimido.

Presion en atmósferas.	Trabajo de un métro cúb.° compr.° Kilogramétros.	equivale caballos en 1 hora.	Un caballo comprime en una hora. — Mét. cúb.°	Presion en atmósferas.	Trabajo de un métro cúb.° de aire compr.° Kilogramétros.	equivale caballos en 1 hora.	Un caballo comprime en 1 hora de trabajo Mét.° c.°
1	0.000	0,000	00.000	26	875.500	3.243	0,308
2	14.330	0,053	18.045	27	919.700	3 406	0.291
3	34.060	0,126	7.926	28	964.300	3.572	0,280
4	57.310	0,212	4.711	29	1.009.200	3.738	0,268
5	83.170	0,308	3.146	30	1.054.500	3.906	0,256
6	111.110	0,412	2.430	31	1.100.200	4.075	0,245
7	140.780	0,521	1.918	32	1.146.200	4.245	0,236
8	171.930	0,637	1.570	33	1.192.500	4.417	0,226
9	204 380	0,757	1.321	34	1.239.200	4.59[illegible]	0,218
10	237.970	0,881	1.135	35	1.286.100	4.763	0,210
11	272.600	1,010	0.990	36	1.333.300	4.938	0.203
12	308.200	1,141	0.876	37	1.380.800	5.114	0,196
13	344 600	1,276	0.784	38	1.428.600	5.291	0.189
14	381.800	1,414	0.707	39	1.476.700	5.469	0,183
15	419.800	1,555	0.643	40	1.525.000	5.648	0,177
16	458.500	1,698	0.589	41	1.573.600	5.828	0,172
17	497.800	1,844	0.542	42	1.622.400	6.009	0,166
18	537.700	1,991	0.502	43	1.671.500	6.191	0,162
19	578 200	2,141	0.467	44	1.720.800	6 374	0,157
20	619.200	2,293	0.436	45	1.770.400	6.557	0,153
21	660.800	2,447	0.409	46	1.820.200	6.742	0,148
22	702.800	2,603	0.384	47	1 870.300	6.927	0,144
23	745 300	2,761	0.362	48	1.920.400	7.113	0,141
24	788.300	2,920	0.343	49	1.970.900	7.300	0,137
25	831.700	3,080	0.325	50	2.021.500	7.487	0.134

NOTA.—El mejor efecto del aire comprimido se obtiene á 31 atmósferas.

El aire *encarcelado* en un depósito que no tenga

escapes, nada pierde de su fuerza elástica por largo y duradero que sea el tiempo de su aprisionamiento, con tal que no se altere sensiblemente la temperatura que tenía en el momento de comprimirle y encerrarle.

Mr. Maréchal establece un principio sobre la elasticidad del aire comprimido, en el cual demuestra palpablemente que el aire comprimido es el elemento llamado á sustituir al vapor con ventajas muy superiores sobre aquel.

«La *detante*, dice, es el esfuerzo que un resorte, »sólido, líquido ó gaseoso, puede todavía producir, »cuando, estando puesto en equilibrio con la *resisten-* »*cia*, esta *resistencia* disminuye hasta lo infinitamen- »te pequeño.»

Para demostrar que es una verdad este principio, basta fijar la atencion en el cálculo siguiente:

Supongamos que en un cilindro vertical, cerrado por su base inferior, tenemos adoptado un piston que pesa 10 kilógramos, con una superficie en la base de 100 centímetros cuadrados, y que el volúmen métrico del cilindro representa 100 litros por cada 10 metros de altura. Para elevar y mantener en equilibrio este piston á un metro de altura, habremos hecho un esfuerzo de 10 kilogrametros empleados en comprimir 10 litros de aire á una presion atmosférica: esto es: doblar la presion ordinaria introduciendo en un *mismo espacio cúbico*, *doble* cantidad de aire: habremos pues obtenido: fuerzas gastadas 10 kilogramétros, peso elevado 10 kilógramos á un metro de altura y una

cantidad de aire comprimido de 10 kilogrametros de fuerza máxima que mantenian en equilibrio los 10 kilógramos. Ahora bien, vamos á utilizar ese resorte aéreo, haciéndole pasar á otro cilindro cuya capacidad sea la décima parte del 1.° y el peso del piston tambien de la décima parte de aquel ¿qué sucederá? El aire encerrado tomará espansion y procurará restablecer su equilibrio, el cual tendrá lugar á los 10 metros de altura, porque 10 kilógramos (presion del aire) eran á 10 kilogramétros (peso del piston elevado á un metro) como 10 kilógramos que conservamos de la fuerza elástica acumulada son á un kilógramo elevado á 10 metros de altura: (falta deducir la fuerza *retardatriz*.) De donde resulta que aprovechada la *détante* sin ser en su mas lata escala, se obtiene el 50 por 100 de efecto útil, ademas del creado por la fuerza empleada, sin perder de vista que para esta última fuerza aprovechada, como para la primera han de apreciarse los rozamientos para deducir de las fuerzas útiles las pasivas.

Si atendemos, pues, á las propiedades del aire, y á estas añadimos los resultados anteriores para establecer comparacion entre el vapor del agua y el aire comprimido, hallaremos este último superior en no ser liquidificable como el primero por la accion del enfriamiento; garantido del incendio, supresion de ese enorme peso de una locomotora, y no menos voluminosa, mientras que el aire comprimido puede ser trasportado á domicilio en cilindros muy pequeños.

Un barril del tamaño de una arroba lleno de aire

comprimido á 31 atmósferas, podria hacer el trabajo util en una máquina cualquiera donde fuese aplicado (á elevar aguas por ejemplo) de 100.000 litros á un metro de altura en una hora; pero si en vez de tomar por tipo un barril de 13 litros tomamos el metro cúbico, tendremos que el trabajo mecánico de aquel á 31 atmósferas equivale en una hora á 4 caballos de vapor elevando cada uno 75 kilogramétros por segundo fuerza *retardatriz* ó sinó adoptemos un peso equivalente, ó un volante.

Son muchos los hombres que en la actualidad se están ocupando del problema en cuestion, y Mr. *Andraud*, *Brussaut* y *Mr. Marie* han hecho escelentes aplicaciones, sobre las cuales Mr. Labuthe construyó una bomba aéreo-hidráulica, que sin estar muy perfecta obtuvo el primer premio en la esposicion. Esta misma bomba modificada por mí con un volante libre para regularizar su movimiento y aprovechando la *detante* perdida, llegó á dar el 90 por 100 de fuerza útil, no conseguida hasta hoy en ningun aparato hidráulico. Su inventor, mi particular amigo, queriendo recompensarme de las mejoras que en su aparato y sistéma habia introducido, me cedió el privilegio para España, y á fin de darlos á conocer, se están construyendo en Paris de varios tamaños y distintas aplicaciones, al agua, licores, aceites, incendios etc. Los prospectos harán ver un sistema tan nuevo como provechoso al porvenir de las artes y la agricultura.

Nada, pues, presenta tan fecundo campo al estudio como los dos elementos compuestos de que me

vengo ocupando: el *aire* y el *agua*: el uno por su peso atmosférico, elasticidad, compresibilidad y compuestos químicos; la otra, por su incoherencia, movilidad, pesantez y compresibilidad *casi nula*.

Fundado en estos principios de los cuerpos, y partiendo de ellos mismos, obtuve privilegio de invencion para España y el extranjero, de un aparato para elevar las aguas llamado *sifon-auto-regulador* y cuyas ventajas daré á conocer en una Memoria separada.

Trabajando constantemente, y con afan, sobre los espuestos principios, admitiendo la química y la electricidad como interventoras, pensé en construir un aparato que *automáticamente*, y con un pequeñísimo gasto, elévase una gran cantidad de agua que pudiese fertilizar los agostados campos y abastecer nuestras poblaciones. La manera de *comprimir el aire*, usar de la dilatacion y del vacío, químicamente formado, es el fundamento de mi sistema, sin engranajes, sin ruedas, sin mas roce que el juego de un piston libre y los naturales al agua, en los tubos por donde pasa. El primer ensayo hecho en Córdoba me fué satisfactorio, y el dia 3 de Junio último, celebré en Paris una reunion con cinco ilustres ingenieros, entre los cuales estaban dos de la *comision del aire comprimido*, MM. Brussaut y Désnós, los cuales dieron nombre al aparato *Nec-plus-ultra-hidràulique*, alcanzándose privilegio de invencion el 7 del propio mes. En construccion tambien este aparato, espero tener el gusto de ofrecerlo bien pronto á mis compatriotas, para

que con su auxilio aumenten la riqueza pública.

Las descripciones de estos aparatos y la de las bombas *aéreo-hidráulicas* las remitiré á esa sociedad en una Memoria separada.

Si he logrado interesar por un momento la atencion de los ilustrados miembros de la *sociedad de amigos del Pais de Córdoba,* y que benévolamente hayan acogido el pensamiento de la *inmensa utilidad* que debe reportar á la agricultura y á la industria la aplicacion del *gran principio* de la *compresibilidad del aire,* se verán colmados los deseos del que, con levantado espíritu y acendrado patriotismo, si bien careciendo de otras dotes, suscribe este humilde trabajo.

Córdoba 1.° de Julio de 1869.

Santos María Pego y Diaz.